

# 铁路客运站旅客流线与候车能力协同优化方案

## ——以济南站为例

苗志鹏

山东交通学院, 轨道交通学院, 山东 济南

收稿日期: 2023年11月21日; 录用日期: 2024年1月9日; 发布日期: 2024年1月18日

### 摘要

铁路网中的大型客运站, 承担着地区铁路枢纽内的主要客运业务, 在既有客运站中往往存在站内旅客流线复杂、候车能力不足, 极易引起站内拥挤混乱、服务水平差等问题。本文将通过分析铁路客运站进站旅客流线的布置特点及候车能力影响因素, 得到旅客到达规律进而探寻站内最高聚集人数; 运用Anylogic对进站旅客流线仿真, 得到各候车室的聚集人数, 进而划分各候车室服务水平; 通过调整列车候车分区与优化车站设备布局, 降低候车室聚集人数。以济南站为例, 通过调整部分设备布局及列车候车分区, 候车室服务水平得到明显降低, 减少了旅客在站停留时间, 提高了车站整体服务水平。

### 关键词

济南站, 旅客流线, 候车能力

# Coordinated Optimization Scheme for Passenger Flow Lines and Waiting Capacity at Railway Passenger Stations

## —A Case Study of Jinan Railway Station

Zhipeng Miao

School of Rail Transportation, Shandong Jiaotong University, Jinan Shandong

Received: Nov. 21<sup>st</sup>, 2023; accepted: Jan. 9<sup>th</sup>, 2024; published: Jan. 18<sup>th</sup>, 2024

### Abstract

Large passenger stations in the railway network bear the main passenger transport business

within the regional railway hub. In existing passenger stations, there are often issues such as complex passenger flow lines inside the station and insufficient waiting capacity, which can easily lead to congestion and chaos within the station and poor service levels. This paper analyzes the layout characteristics of the passenger flow lines entering the railway passenger stations and the factors affecting the waiting capacity, to discern the patterns of passenger arrivals and thereby determine the maximum number of people gathered inside the station. Using Anylogic to simulate the passenger flow lines entering the station, we can determine the number of people gathered in each waiting room and then assess the service level of each waiting room. By adjusting the train waiting areas and optimizing the station equipment layout, the number of people gathered in the waiting rooms can be reduced. Taking Jinan Station as an example, by adjusting some equipment layouts and train waiting areas, the service level of the waiting rooms has been significantly improved, reducing the time passengers spend in the station and enhancing the overall service level of the station.

## Keywords

Jinan Railway Station, Passenger Flowline, Waiting Capacity

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

2019年铁路旅客发送量再创新高,达35.8亿人次;随着经济的快速发展,人民出行的多样性需求不断提高,在铁路客运站内,旅客流线组织的是否合理,不但直接关系到车站的候车能力和设备效率,更直接影响到旅客的服务质量与乘车体验;而候车大厅作为铁路客运站中旅客人数最为集中且停留时间最长的地方,是旅客候车体验的关键所在,只有合理分配候车室,才能避免候车室的拥堵和混乱。

刘岩岩在文献[1]中以铁路客站临时候车区作为研究对象,在春运、节假日、列车大面积晚点等情况下,构建了旅客临时候车再造流线及其评价模型,并结合虹桥站案例进行验证分析,并给出了改进措施。赵文瑞在文献[2]中通过构建大型高铁客运站候车需要候车能力模型,并结合合肥南站案例对文献内容进行验证分析。张思涵在文献[3]中构建了旅客流线及候车室均衡运用的双目标优化模型,并设计相应的模拟退火算法求解该模型,给出了当前列车运行图条件下,最优的候车分区划分。谢如冰在文献[4]中将铁路客运站的站内设施分为“点”、“线”、“面”三类,通过Anylogic软件进行流线仿真,发现了成都东站旅客流线的交叉干扰和各设备的能力紧张问题,后经过调整进行了优化。

本文通过分析铁路客运站旅客流线的布置特点及候车能力影响因素,探寻旅客到达规律,对铁路客运站候车室服务水平进行等级划分。运用Anylogic仿真软件,对济南站进站旅客流线进行仿真模拟,求解站内最高聚集人数和各候车室聚集人数,从而探寻各候车室服务水平的短板,通过调整部分列车的候车分区和打开一层高铁候车室西检票口,降低了各候车室的旅客密度,提高候车室服务水平。

## 2. 旅客流线

### 2.1. 旅客进站流线

旅客流线按照流动方向的不同可以分为进站流线、换乘中转流线与出站流线三类。因出站旅客具有人流集中、流线简单、走行速度快、使用站房时间短等特点,且不受本文所研究的候车能力影响,因此,

论文仅针对进站旅客流线分类进行详细分析。

普通旅客流线进站旅客流线中最主要的组成部分，它具有人数最多、候车时间长等特点。随着我国铁路电子客票的普及，越来越多的乘客选择网上购票、刷脸进站；已预购车票的旅客和不办理行李托运业务的旅客，不全按照上述流线进行。普通旅客进站流线流程图如图 1 所示。

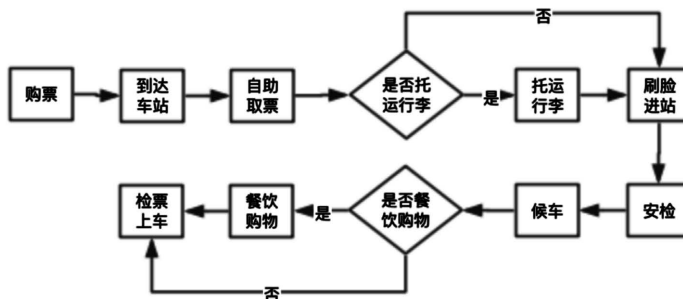


Figure 1. Ordinary passenger entry flow at a station  
图 1. 普通旅客进站流线

## 2.2. 旅客进站流线布置原则

- 1) 保证旅客走行安全第一。
- 2) 各种流线避免之间的交叉干扰，提高流线行进效率。
- 3) 最大限度地缩短旅客走行距离，避免流线迂回。

## 3. 候车能力

候车室是站内旅客最多停留时间最长的地方，是影响客运站能力的关键所在。影响候车室候车能力的主要因素如图 2 所示。

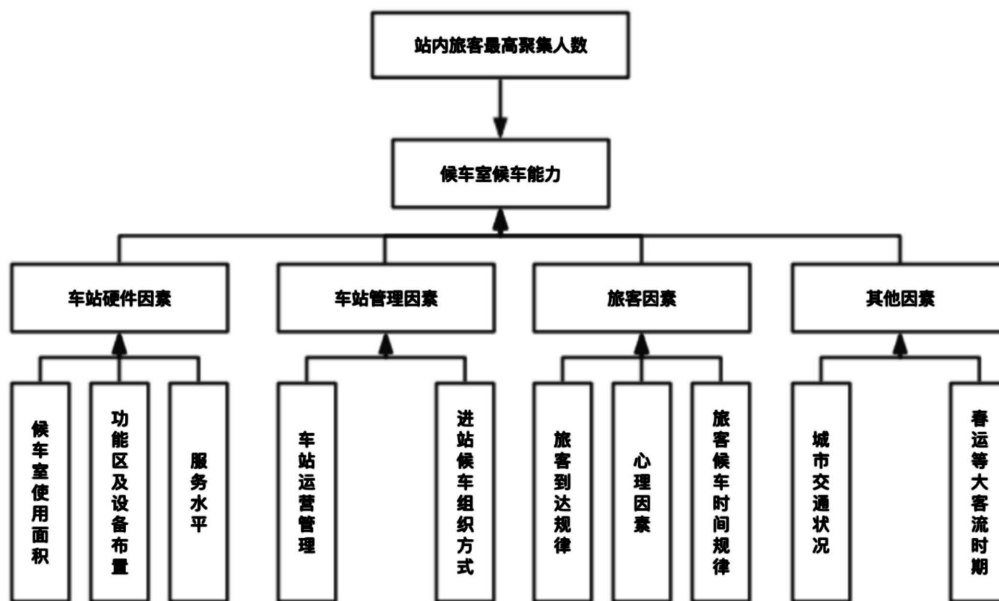


Figure 2. Factors influencing the waiting capacity of waiting rooms  
图 2. 候车室候车能力影响因素

下面仅对旅客到达规律、旅客最高聚集人数、候车室服务水平进行分析。

### 3.1. 旅客到达规律

铁路客运站出发旅客到达规律是指乘坐某次列车的所有旅客到达客运站的时刻与此列车出发时刻之差的概率分布。结合实地调查, 济南站旅客到达规律近似服从 Gamma 函数分布。

服从函数分布形式:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}}, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases} \quad (1)$$

在  $k$  时刻, 第  $i$  列车的旅客到达客运站的比例为:

$$P_i^k = \int_{t_i - T_i^k - k}^{T_i^F - T_i^k} f_i(t) dt \quad (2)$$

其中,  $i$  表示列车序列号;  $t_i$  表示第  $i$  列车的开车时间;  $T_i^F$  表示当最后一名到达车站的  $i$  车旅客时距  $t_i$  的时间;  $T_i^k$  表示当最后一名到达车站的  $i$  车旅客时距  $t_i$  的时间。

### 3.2. 旅客最高聚集人数

旅客最高聚集人数是指铁路客运站全年上车旅客最多月份中, 一昼夜在候车室内瞬时(8~10 min)出现的最大候车(含送客者)人数的平均值。

由旅客到达规律可知, 其概率函数分布近似于 Gamma 分布, 将旅客到达规律乘以列车定员、送站人员比例及日常波动系数, 方可求出某一时刻某次列车的旅客聚集人数。公式如下:

$$S_i^k = P_i^k \times N_i \times a_i \times (1 + b_i) \times c_i \quad (3)$$

其中,  $N_i$  表示第  $i$  次列车的平均定员人数;  $a_i$  表示第  $i$  次列车的平均满载率;  $b_i$  表示第  $i$  次列车的送站人数所占该次列车到站人数的比例;  $c_i$  表示第  $i$  次列车的日波动系数。

则  $k$  时刻进入站房的旅客聚集人数为:

$$S_k = \sum_{i=1}^m S_i^k \quad (4)$$

因列车开始检票之前, 大部分旅客已在检票口前排队等待检票, 可以视作旅客以恒定速率通过检票口, 部分旅客在检票后到达, 可视为不占用候车室, 故所有旅客均可视作以恒定速率通过检票口。故同理可得  $k$  时刻离开站房的旅客聚集人数为:

$$D_k = \sum_{i=1}^m D_i^k \quad (5)$$

故  $k$  时刻站房内的旅客聚集人数  $H_k$  即为  $k$  时刻进入站房的旅客聚集人数与  $k$  时刻离开站房的旅客聚集人数之差。

$$H_k = S_k - D_k \quad (6)$$

则一天内的铁路客运站旅客最高聚集人数  $H$  为:

$$H = \mu \max \{H_k\} \quad (7)$$

其中,  $0 \leq t \leq 1440$ ;

$\mu$  为修正系数, 建议取值 1.4~1.7。

### 3.3. 候车室服务水平等级分级

目前对于铁路客运站候车室服务水平还没有准确定义。通过类比道路交通中的 V/C 比与服务水平的关系,结合相关文献[5],采用“旅客平均占用候车室面积”这一指标作为铁路客运站候车室服务水平的评判标准。铁路客运站候车室服务水平分级如表 1 所示。

**Table 1.** Railway passenger station waiting room service level grading table

**表 1.** 铁路客运站候车室服务水平分级表

服务水平等级	人均空间(m <sup>2</sup> /人)	状态描述
1	≥1.60	旅客站立或坐下时与其他旅客的活动互不影响,个人空间大,感觉舒适
2	1.33~1.60	旅客全部站立或坐下均不影响其他旅客活动,感觉比较舒适
3	0.93~1.33	旅客全部处于站立状态时,其他旅客可以不受限制地活动;旅客全部坐下时,可以进行有限制地活动,稍感舒适
4	0.67~0.93	旅客全部处于站立状态时,可以进行有限制地活动;旅客全部坐下是可能的,但会影响到其他旅客的移动,稍感不适
5	0.39~0.69	旅客全部处于站立状态,不同其他旅客或行李可能有所接触,但是从人群中穿插受到限制,感觉不适,长期站立,身体疲倦
6	≤0.39	全部旅客处于站立状态,站立时与周围的人(或行李)不可避免地直接接触,呼吸有些不适,感到极不舒服

## 4. 济南站旅客流线 with 候车能力协同方案

因考虑旅客流线与候车能力这两个互为影响的因素,为了体现协同优化方案的客观性与现实性,现将旅客流线简化为普通旅客进站流线,其走行路径设置为“进站安检-等待候车-排队离去”三步,将候车能力转化为各候车室的服务水平。因仿真主体是济南站的进站旅客,而 Anylogic 正是一款主打物流、行人交通仿真、供应链、行人疏散应用的建模仿真软件,且软件中的行人库采用社会力模型,能够很好的模拟旅客进站时心理因素的流线的影 响,故采用 Anylogic 仿真软件,对济南站进站旅客流线进行仿真。

### 4.1. 济南站旅客进站流线布置特点

- 1) 采取多次分流措施。经过一楼站厅、二层候车大厅主通道及临时候车区、各候车分区三次分流。
- 2) 站内功能区布置复杂,最高聚集人数远超站房的设计能力,且改造较为困难。
- 3) 进站口能力存在瓶颈,改造后仍难以满足高峰时期的要求。

### 4.2. 进站客流仿真与服务能力分析

通过实地调查,对所需要的相关客运设备采用平均计数法,统计分析高峰小时的设备能力。在去除异常数据后,对现有各设备能力求取平均值。现各设备能力如表 2 所示。

**Table 2.** Survey table of service capabilities of various equipment

**表 2.** 各设备服务能力调查表

位置	设备	数量	单位时间服务能力(人/台·min)
进站口	安全检查仪	10	13
	人工检查	20	7
检票口	自动检票	4	23
	人工检票	2	33

根据济南站结构平面图，构造济南站一层、二层仿真环境，如图3、图4所示。

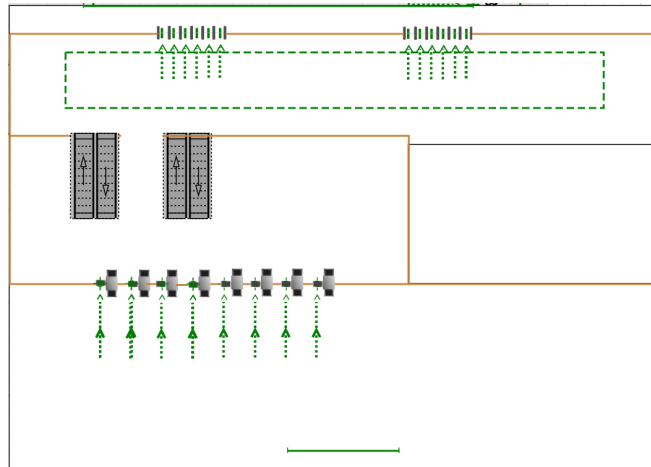


Figure 3. Layout of the first-tier simulation environment

图3. 一层仿真环境布置图

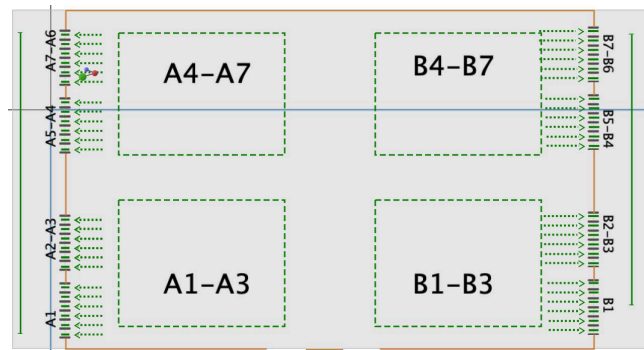


Figure 4. Layout of two-tier simulation environment

图4. 二层仿真环境布置图

选择高峰时段 17~19 时进行仿真，济南站进站旅客流线图如图5所示。

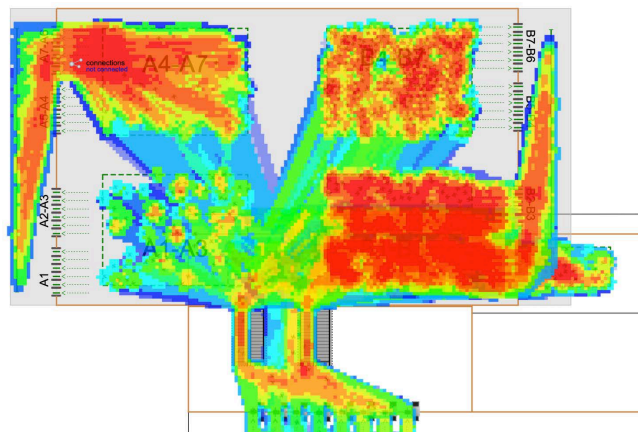


Figure 5. Jinan railway station passenger entry flow diagram

图5. 济南站进站旅客流线图



由仿真软件运行得，济南站内旅客最高聚集人数出现在 17:50~17:55 这一时段内，共有 8402 人。各候车室服务水平等级如图 6 所示。

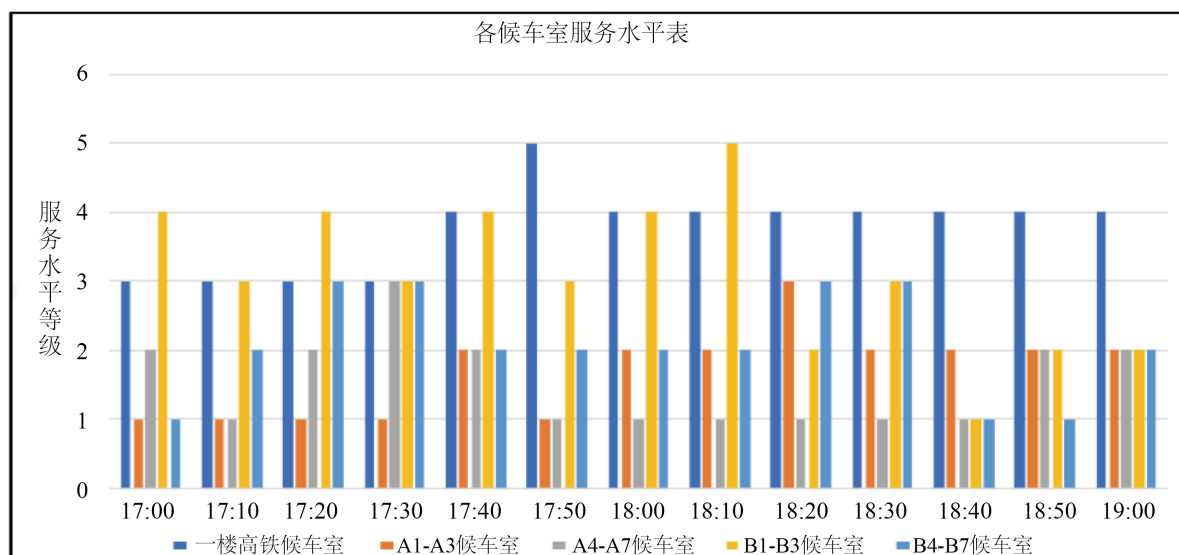


Figure 6. Service level grades of various waiting rooms

图 6. 各候车室服务水平等级

由图分析可知，济南站候车室聚集人数能力紧张主要存在于：一楼高铁候车室和 B1~B3 候车室。结合实地调查情况，候车室能力紧张主要有以下两个原因：

- 1) 一站台 1 股道，接发列车数量多，存在八分钟追踪列车的情况，且基于济南站客运组织与线路专门化的要求，停靠一站台的列车，其旅客只能由一楼高铁候车室进入。
- 2) 济南站为满足多元化旅客需求，二站台 A 侧正在加装无障碍直梯，导致 A1~A3 候车室与 B1~B3 候车室服务水平差别悬殊。

### 4.3. 协同方案

1) 一楼高铁候车室两个检票口交替进行检票。由于停靠一站台的列车，其旅客只能由一楼高铁候车室进入，且该候车室的两个检票口目前只使用东侧检票口，在一楼高铁候车室候车能力紧张的状况下，检票口存在设备闲置情况，所以应打开西检票口，两口交替进行检票。

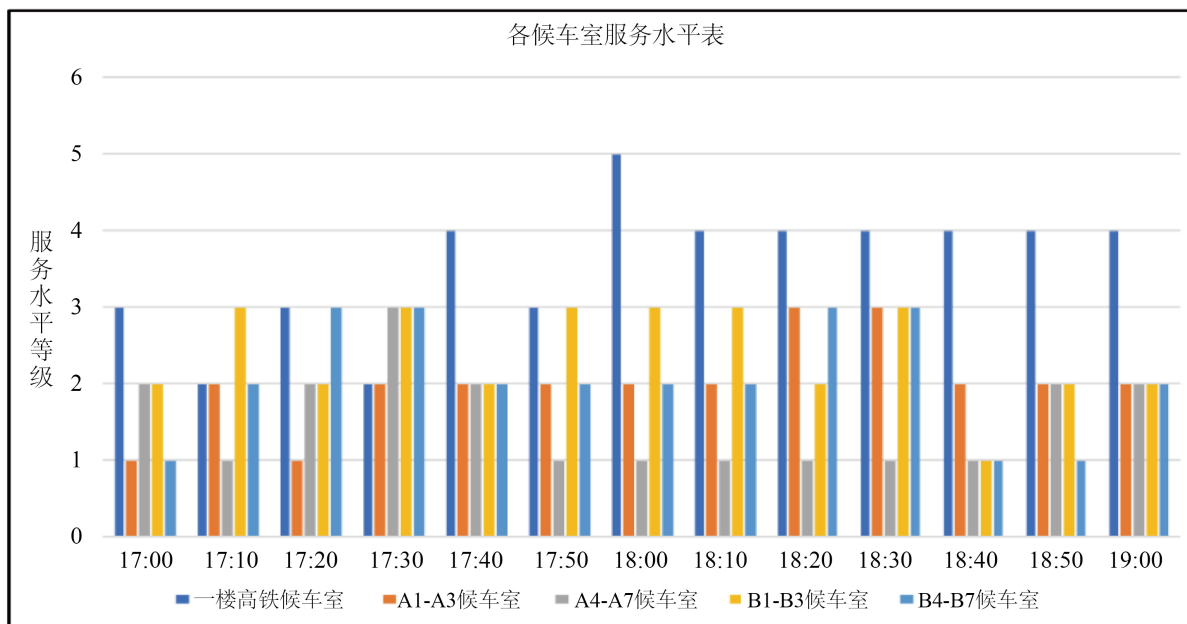
2) 调整部分列车的候车分区。调整乘坐 G460/461 次列车的旅客，前往 A1~A3 候车室，由 A1 检票口检票进站；乘坐 D6077 次列车的旅客，前往 A1~A3 候车室，由 A1 检票口检票进站；乘坐 G474 次列车的旅客，前往一层高铁候车室，由西检票口检票进站；乘坐 T7576 次列车的旅客，前往 A4~A7 候车室，由 A6~A7 检票口检票进站

经协同方案优化后各候车室服务水平等级如图 7 所示。

通过前后对比分析，在调整部分列车候车分区后，各候车室服务水平得到明显好转，在保证旅客候车舒适度的前提下，可保证更多旅客选择铁路出行。

此外，结合本次仿真结果与济南站旅客组织特点，还给出如下建议：

- 1) 灵活设置进站口宽度。令携带大宗行李的旅客与小件行李的旅客分通道进站，因大宗行李不易取放，会降低整个进站流程的速度，如采取加宽部分进站口宽度，通过车站工作人员指挥分流，将两种不同性质的旅客区分开，则可以使进站流程更加顺畅。



**Figure 7.** Service level grades of various waiting rooms after optimization  
**图 7.** 优化后各候车室服务水平等级

- 2) 开辟更多的临时候车区，分担各个候车区的压力，以降低旅客密度，提高候车室服务水平。
- 3) 明显设置标线、标识，使旅客进站路径更加明确，提高进站流线运行效率。

## 5. 结束语

本文对铁路客运站进行流线仿真，实时统计各候车区的旅客聚集人数，通过调整候车分区的举措使旅客流线发生改变，有效降低了各候车区的旅客聚集人数，从而提升了候车分区的服务水平。以济南站为例进行验证，该方法对进站旅客流线与候车能力协同有良好的效果，可以一种研究协同方案的新思路。

## 参考文献

- [1] 刘岩岩. 铁路客站临时候车区及进站流线再造研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2019.
- [2] 赵文瑞. 大型高铁客运站候车室候车能力研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2017.
- [3] 张思涵. 铁路大型客运站旅客流线与候车室运用的协同优化研究[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 兰州交通大学, 2017.
- [4] 谢冰如. 大型高速铁路客运站客运设施配置及流线优化仿真研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南交通大学, 2015.
- [5] 李龙. 铁路客运站服务设施及其水平的适应性研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南交通大学, 2007.